

# “UN HOMBRE QUE SE ATREVE A PERDER UNA HORA DE SU TIEMPO NO HA DESCUBIERTO EL VALOR DE LA VIDA”

Charles Darwin

Durante el siglo XIX se produjo una transformación en el pensamiento cuyos efectos se manifiestan aún hoy. En ese entonces, se volvieron a concebir los mecanismos de la naturaleza y la variedad de los seres vivos de maneras que constituyen la base de toda la biología moderna. Las implicaciones más generales de estas ideas siguen suscitando controversias.

Un hombre y un libro llegaron a simbolizar la nueva biología de la evolución. Charles Darwin, nacido en 1809, tenía cincuenta años cuando publicó el trabajo científico más famoso que probablemente se haya escrito. Por lo tanto, el año 2009 señala tanto el bicentenario de su nacimiento como los 150 años de la aparición de *El origen de las especies por medio de la selección natural*.

En esta exposición se exploran los orígenes del libro de Darwin, se presentan sus ideas centrales y se explica por qué esas ideas siguen ocupando una posición privilegiada en la biología y la medicina contemporáneas.

# ¿QUIÉN ERA DARWIN?

Charles Darwin era hijo de un próspero médico rural de Shrewsbury, en el condado rural inglés de Shropshire. Cuando era niño le encantaba el campo y sus criaturas, pero le costó elegir una profesión. Abandonó la facultad de Medicina de Edimburgo y fue enviado a la Universidad de Cambridge, a fin de prepararse para su futuro como pastor anglicano.

En la Universidad, Darwin conoció a algunos de los naturalistas más sobresalientes de su tiempo y en 1831, consiguió pasaje en el buque científico de la marina real *HMS Beagle* para realizar un viaje alrededor del mundo. Durante cinco años de travesía, Darwin llevó un diario de campo sobre biología, geología y antropología, con notas y observaciones detalladas sobre los animales, las plantas, las aves y los insectos autóctonos de los lugares que visitó: Brasil, Uruguay, Argentina, Chile, Perú, el archipiélago de las Galápagos, Tahití, Nueva Zelanda y Australia, entre otros.

De vuelta en Londres y, más tarde en su residencia en Down House, Kent, Darwin comprendió paulatinamente

cómo podían variar las especies y cuáles podían ser los mecanismos de la evolución, aunque pasaron más de veinte años para que se decidiera a publicar sus ideas.

Darwin pasó el resto de su vida trabajando para defender su teoría y entendiendo sus implicaciones; igualmente, publicó libros sobre orquídeas, lombrices de tierra y sobre la expresión de las emociones, entre otros temas.

Convertido en un hombre solitario y parcialmente inválido ya desde su mediana edad, Darwin murió en 1882 pero mantuvo una constante a lo largo de toda su vida: una curiosidad sin límites por el mundo natural.



Dibujo en tinta y acuarela de Charles Darwin en 1840, por George Richmond.  
© English Heritage Photo Library.



John Stevens Henslow, catedrático de Botánica de la Universidad de Cambridge, 1825–1861. Henslow recomendó a Darwin para el puesto de naturalista en el *HMS Beagle*.  
Reproducido con autorización de John van Wyhe, ed., *The Complete Work of Charles Darwin Online* (<http://darwin-online.org.uk>).

## Adaptaciones exquisitas

“¿Cómo han sido perfeccionadas todas estas adaptaciones exquisitas de una parte de una organización a otra parte, y a las condiciones de vida, y de un ser orgánico distintivo a otro ser? Vemos más claramente estas hermosas co-adaptaciones en el pájaro carpintero y el muérdago, y de manera menos obvia en el humilde parásito que cuelga de los cabellos de un cuadrúpedo o de las plumas de un ave, en la estructura de un escarabajo que se sumerge en el agua, en la semilla con pelusa, movida por la brisa más ligera. En pocas palabras, vemos hermosas adaptaciones en todos lados.”

*El origen de las especies*, capítulo 3

Aunque el título de este libro se refería al origen de las especies, estas palabras de Darwin muestran su preocupación sobre la armonización de los organismos y su entorno.

Su enfoque al explicar cómo se manifestaban estas ‘exquisitas adaptaciones’ estaba profundamente inmerso en el pensamiento científico de su época, iniciando con la especulación que sobre la evolución hizo su abuelo, el doctor, poeta y matemático Erasmus Darwin (1731-1802). En 1809, Jean-Baptiste Lamarck (1744-1829) publicó su obra *Philosophie Zoologique*.

Este fue el primer libro que delineó una teoría de transmutación de especies. Darwin también conoció y fue influenciado por la nueva geología de Charles Lyell (1797-1875), quien argumentó que las formaciones rocosas habían sido producidas por un cambio gradual en períodos extremadamente largos de tiempo –cientos de millones de años.

En el marco de este extenso tiempo geológico, Darwin se imaginó el proceso de una lenta selección, en el que la mayoría de las criaturas morían antes de poderse reproducir, y en el que sólo unas cuantas podrían generar crías.



Mapa del viaje de Darwin a bordo del *HMS Beagle*.



# 2

## REDES GLOBALES

Darwin no volvió a viajar después de su travesía en el *Beagle*. No obstante, mantuvo intensa correspondencia durante toda la vida: era su modo de consolidar amistades científicas, buscar colaboración y reunir observaciones.

Preocupado por “la cuestión de las especies”, Darwin estaba convencido de que las distintas especies podrían haber surgido a partir de una variedad anterior que cambia y da lugar a otra, mediante la transmutación. Pero ¿cómo?

Estudió especímenes, ejemplares de museos y zoológicos, así como la labor de cultivadores y de criadores de animales. Leía obras de geología, historia natural y filosofía.

Mientras estudiaba, mantuvo correspondencia con colegas de todo el mundo: Brasil, Argentina y otros países de Suramérica, India, China, América del Norte, Nueva Zelanda y Jamaica. En ella, explicaba a grandes rasgos sus ideas, exponía sus hipótesis y pedía información y nuevos especímenes.

Una vez tuvo una estructura inicial de su teoría, Darwin consultó a diplomáticos, oficiales del ejército, funcionarios coloniales, jardineros, criadores de caballos, agricultores, cazadores de pieles y cuidadores de zoológicos, así como a botánicos y naturalistas.

También mantuvo contacto por correspondencia con el naturalista y viajero Alfred Russel Wallace, quien había formulado ideas similares a las suyas; de hecho, fue un escrito de Wallace lo que finalmente llevó a Darwin a publicar su teoría.

Tras la publicación de *El origen de las especies por medio de la selección natural*, en 1859, la correspondencia le aportó nuevos datos no sólo para actualizar su trabajo, sino también para generar proyectos nuevos. Igualmente contribuyó a la aceptación de sus novedosas y radicales ideas.

Charles Darwin  
April 29<sup>th</sup> 1879  
Down, Beckenham,  
Kent. -

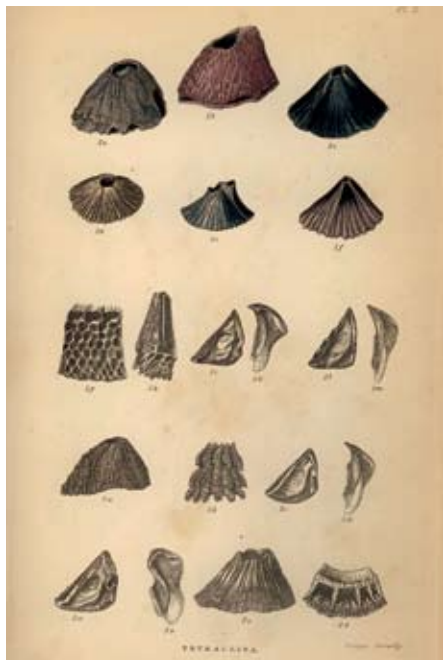
Tras la publicación de *El origen de las especies por medio de la selección natural*, Darwin adquirió un gran renombre y los coleccionistas de autógrafos le escribían para pedirle su firma.

© George Beccaloni.



El camino de arena, o 'camino de pensar' en Down House, fotografiado alrededor de 1909. Darwin caminaba por ahí diariamente cuando se hallaba en Down, y empleaba el tiempo para reflexionar sobre sus observaciones y desarrollar sus teorías.

Reproducida con autorización de John van Wyhe, ed., *The Complete Work of Charles Darwin Online* (<http://darwin-online.org.uk>).



Darwin pasó ocho años estudiando los percebes y contribuyó a ampliar enormemente lo que se conoce sobre ellos.

Reproducido con autorización de John van Wyhe, ed., The Complete Work of Charles Darwin Online (<http://darwin-online.org.uk>).



Alfred Russel Wallace (1823–1913), conocido por haber formulado ideas similares a las de Darwin sobre el origen de las especies. Un escrito de Wallace fue presentado junto con parte del trabajo de Darwin en la Linnean Society en 1858. © Wellcome Library, London.



Especies de palomas similares a aquellas estudiadas por Darwin al desarrollar sus teorías sobre la evolución y selección natural. Darwin comparó la 'selección artificial' usada por los criadores, con aquella que podía observarse en la naturaleza - 'selección natural'.

© Museo de Historia Natural, Londres.



Estudio de Darwin en Down House, poco después de su muerte en 1882. Grabado en relieve (cobre) de Acel H. Haig.

Reproducida con autorización de John van Wyhe, ed., The Complete Work of Charles Darwin Online (<http://darwin-online.org.uk>).

## Una vida epistolar

‘Estoy ahora trabajando en un gran libro que describe la anatomía y todas las especies de percebes en todo el mundo. No sé si usted viva cerca al mar, pero de ser así seré afortunado si usted pudiera recolectar algunos para mí, de aquellos –grandes o pequeños- que se adhieren a las rocas costeras o a las conchas o a corales arrojados a la costa, y enviármelos.’

Carta de Darwin a Syms Covington, su antiguo empleado en el *HMS Beagle*, en Australia.

El Proyecto de Correspondencia Darwin, en Cambridge, ha logrado recolectar 15.000 cartas de Darwin, dirigidas a 2.000 corresponsales alrededor del mundo.

Para cuando publicó su obra *El origen del hombre y de la selección en relación al sexo* en 1871, Darwin escribía un promedio anual de 1.500 cartas. De hecho, para ese entonces gran parte de sus jornadas de trabajo giraban alrededor de la lectura y escritura de cartas –incluso puso un espejo cerca de la ventana de su estudio, de manera que pudiera ver al portero llegar a su casa cada día.

Un tercio de las letras existentes pueden ser leídas y estudiadas en línea en [www.darwinproject.ac.uk](http://www.darwinproject.ac.uk). La colección entera está siendo publicada como libro, en una serie que tendrá un total de 30 volúmenes una vez completa.

Las cartas revelan cuán sustancialmente el éxito de Darwin en el avance de una nueva visión del mundo natural dependía de otros: su esposa, Emma, sus diez hijos en casa en Kent, sus amigos y colegas en Inglaterra, y sus corresponsales en todo el mundo.

Hacia el final de su vida, en 1882, Darwin pertenecía a 57 sociedades extranjeras de estudios, cuyas

membresías mantuvo sin haber dejado jamás el país luego de que el *HMS Beagle* atracara en puerto en Falmouth en 1836.

Uno de los proyectos de Darwin fue un estudio completo de los percebes. Iniciado como una distracción entre sus estudios de las especies, este creció hasta convertirse en una exploración de ocho años, cuyo registro Darwin llevó en tres libros profusamente detallados. Empleando sus habilidades de persuasión, o acudiendo a la curiosidad compartida, Darwin escribió a aquellos que tenían interés en los percebes, así como a otros quienes habían sido recomendados por sus colegas.

Darwin solicitó información, ejemplares –preferiblemente vivos- y en algunos casos, el préstamo de colecciones enteras. Darwin hizo la disección y catalogación de cada espécimen, creando así el estudio definitivo de estos pequeños crustáceos.

# 3

## LA TEORÍA DE DARWIN: HERENCIA, VARIACIÓN, SELECCIÓN

Una de las razones por las que las ideas de Darwin perduraron es su sencillez. La teoría de la evolución por medio de la selección natural consta esencialmente de tres partes:

- Cuando los individuos de una población se reproducen, la nueva generación debe parecerse a sus progenitores.
- El parecido entre generaciones debe ser cercano, pero no perfecto, para que cada generación incluya nuevas variaciones en sus características.
- Debe existir una relación entre algunas de estas nuevas variaciones y la mayor probabilidad de que un individuo sobreviva y se reproduzca.

Las variaciones y sus efectos pueden ser muy pequeños, pero si se repite el ciclo miles de veces los resultados pueden llegar a ser sorprendentes.

En resumen: lo único que se necesita para la evolución es herencia, variación y selección.

En *El origen de las especies*, Darwin aportó pruebas más que suficientes en favor de la evolución. Pero en su historia faltaban elementos. Uno de ellos, para el que todavía no hay respuestas concluyentes, era el origen de la vida; otro, la explicación de cómo se transmitían las variaciones a las generaciones siguientes, para lo que Darwin no tenía ideas convincentes.

Investigaciones más recientes han proporcionado algunos detalles sobre los mecanismos de la herencia. Cualquier criatura puede ser definida por la información que contienen sus genes, que son mensajes escritos en la secuencia química de la molécula de ADN.

Los genes se copian y se transmiten a la descendencia de cada criatura. Pero en el proceso de copiado puede haber pequeños errores que introduzcan cambios aleatorios en la información del ADN. Estas son las mutaciones que conducen a variaciones en la población.

Algunas mutaciones suponen ventajas que favorecen la reproducción en un entorno determinado. De modo que, de nuevo, encontramos herencia, variación y selección, pero esta vez entre moléculas.

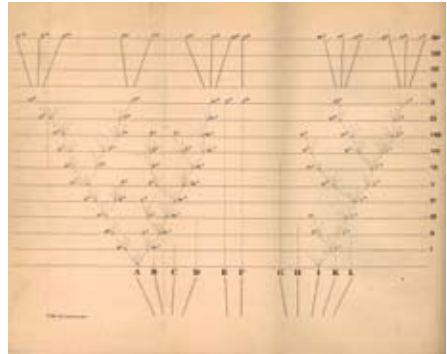
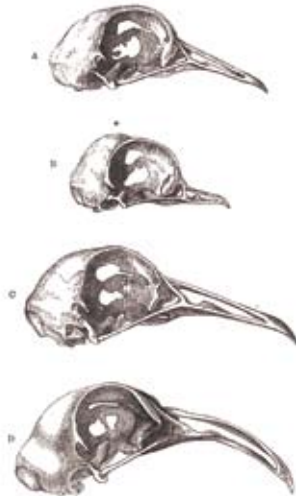


Ilustración de la primera edición de *El origen de las especies por medio de la selección natural* que representa la prueba de que la explicación de especies diferentes con características compartidas puede encontrarse en los ancestros en común.

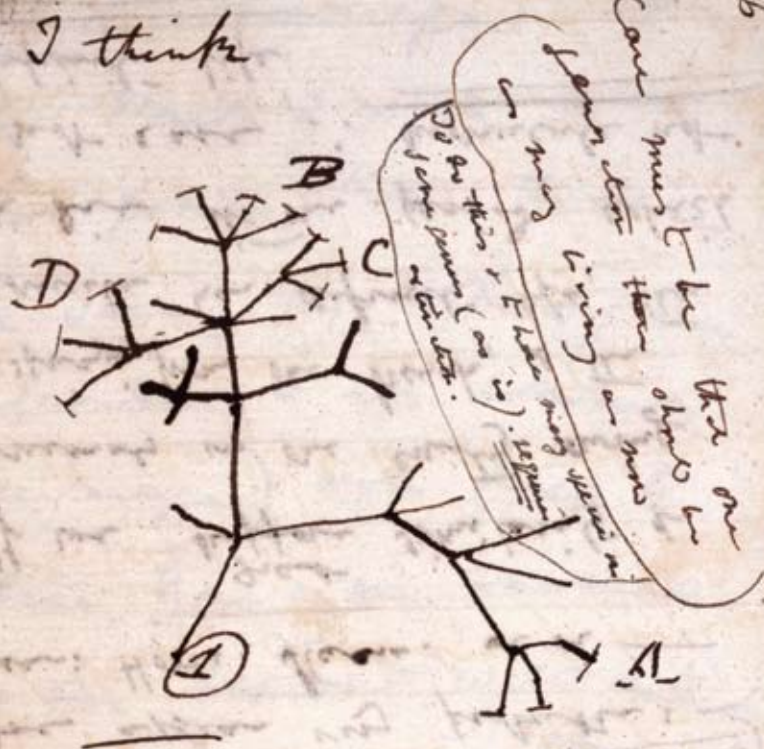
Reproducido con autorización de John van Wyhe, ed.,  
The Complete Work of Charles Darwin Online  
(<http://darwin-online.org.uk>).



Dibujos de cráneos de palomas que muestran de qué manera la domesticación y la selección conducen a variaciones dentro de la misma especie.

Reproducido con autorización de John van Wyhe, ed.,  
The Complete Work of Charles Darwin Online  
(<http://darwin-online.org.uk>).

I think



There between A & B. various  
 sort of relation. C + B. The  
 first gradation, B & D  
 rather greater distinction  
 than genus would be  
 formed. - bearing relation

## Evolución por selección

‘¿Podemos dudar (recordando que muchos más individuos nacen de los que pueden sobrevivir) que aquellos individuos que tengan cualquier ventaja sobre otros, por pequeña que sea, tendrían una mayor oportunidad de sobrevivir y procrear? Por otro lado, podemos tener certeza de que cualquier variación que sea perjudicial en el más mínimo grado sería rígidamente destruida. La preservación de las variaciones favorables y el rechazo de las que no lo sean es lo que yo llamo Selección Natural.’  
*El origen de las especies*, Capítulo 4.

El trabajo de Darwin se ocupaba de la existencia y la evolución de las criaturas vivientes. Sin embargo, su descubrimiento de que la herencia, la variación y la selección pueden llevar a cambios en las especies, tiene aplicaciones mucho más amplias.

De hecho, siempre que una población de individuos pase por una serie de generaciones en un cierto tipo de ciclo, se puede dar la evolución.

Visto de esta manera, la selección natural aplica a toda forma de vida en la tierra, según argumenta Darwin. Los investigadores que estudian el origen de la vida asumen que esto aplica a poblaciones de moléculas en sistemas proto-biológicos. Los exobiólogos (quienes estudian los organismos que se originan fuera de la tierra) argumentan que debiera aplicar a todo tipo de vida en cualquier lugar del universo, incluso si a su vez las moléculas resultan ser diferentes de aquellas que observamos en nuestro planeta.

Más allá de esto, universos enteros pueden estar sujetos a la selección natural, según el cosmólogo Lee Smolin. El especula que ellos ‘se reproducen’ cuando un universo existente cae en un hoy negro, y un nuevo universo, en el que las leyes de la física son sutilmente diferentes, nace.

También hay ejemplos –más cercanos a la tierra– de la idea de la selección, tales como su aplicación en la ‘evolución’ de programas de computador, conocidos como algoritmo genético, y en la búsqueda sistemática de nuevas moléculas que puedan ser empleadas en la medicina.

Analizando cómo el modelo teórico de la selección puede ser aplicado a nuestra comprensión de los cambios en el lenguaje, de las tendencias culturales, y de los desarrollos tecnológicos, uno puede entender por qué el filósofo estadounidense Daniel Dennett describió la evolución por selección como ‘la mejor idea que cualquiera haya tenido jamás’.

Página de uno de los cuadernos donde Darwin anotaba sus observaciones de las especies. Sus notas, escritas entre 1837 y 1838, muestran sus ideas sobre la “transmutación de las especies”.  
Reproducido con autorización de los curadores de la Biblioteca de la Universidad de Cambridge.

**Fondo:** Portada de la primera edición de *El origen de las especies por medio de la selección natural o la conservación de las razas favorecidas en la lucha por la vida*, publicado por John Murray en 1859.  
Reproducido con autorización de John van Wyhe, ed.,  
The Complete Work of Charles Darwin Online (<http://darwin-online.org.uk>).

# 4

## REACCIONES

Los lectores de Darwin expresaron en los primeros años opiniones contundentes sobre su libro, pero con matices muy distintos.

“¡Pero qué estúpido, cómo no se me ocurrió!”.

Thomas Huxley, naturalista.

“Ha abierto una vía de investigación muy prometedora, cuyos resultados nadie puede prever”.

John Stuart Mill, filósofo.

“Una de las partes más interesantes del libro del señor Darwin es aquella en la que establece esta ley de la selección natural; y decimos ‘establece’ porque (repetiendo que discrepamos totalmente con él en cuanto a los límites que asignaría a su acción) no tenemos la menor duda respecto de la existencia o la importancia de la ley en sí”.

Samuel Wilberforce, obispo.

“Es notable cómo Darwin redescubre, entre las bestias y las plantas, la sociedad de Inglaterra, con su división del trabajo, competencia, apertura de nuevos mercados, ‘inventos’ y la ‘lucha por la existencia’ maltusiana”.

Karl Marx, teórico político.

“Las observaciones originales más importantes, presentes en el volumen de 1859, son, a nuestro juicio, sus verdaderas perlas —pocas, en verdad, y muy aisladas—, y dejan la determinación



Caricatura contemporánea de Thomas Henry Huxley (1825–1895).

© Museo de Historia Natural, Londres.

del origen de las especies muy cerca del punto donde el autor la encontró”.

*Sir Richard Owen, naturalista.*

“¿Qué otra cosa podemos creer, sino que la teoría de Darwin es una especulación ingeniosa y verosímil que los futuros fisiólogos mirarán con la misma admiración que sentimos por los átomos de Lucrecio o las esferas de cristal de Eudoxo, y que contiene como éstas algunas medias verdades, que denotan al instante la ignorancia de la época y el talento del filósofo?”.

*Henry Charles Fleeming Jenkin, ingeniero.*

“He leído su libro con más dolor que placer. Algunas partes han suscitado mi mayor admiración; otras me hicieron reír hasta que me saltaron las lágrimas; leí otras con absoluto pesar, porque las considero totalmente falsas y profundamente maliciosas”.

*Adam Sedgwick, geólogo.*

“Teníamos una reunión excelente en Norwich, y el viejo y querido Hooker se pronunció con todas sus fuerzas, como siempre hace en situaciones apuradas. El único culpable fue el terrible *darwinismo*, que se difundió en toda la sesión y surgía cuando menos lo esperaba uno, incluso en la conferencia de Fergusson sobre ‘Templos budistas’. Usted tendrá la rara felicidad de ver triunfar sus ideas en vida”.

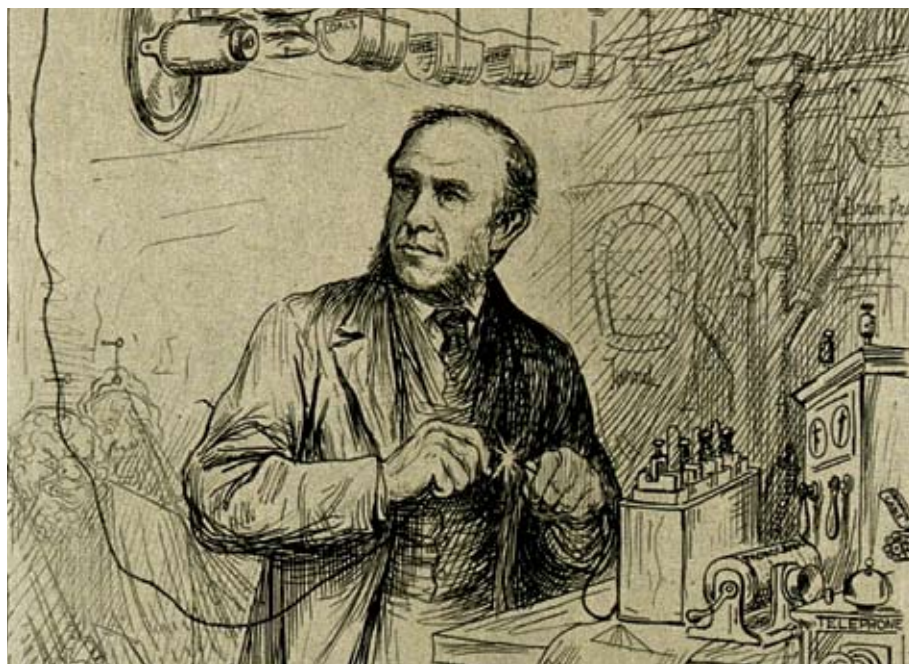
*Thomas Huxley, naturalista.*



Sir Richard Owen (1804–1892).  
© Museo de Historia Natural, Londres.



Adam Sedgwick (1785–1873).  
© Wellcome Library, Londres.



Henry Charles Fleeming Jenkin (1833–1885).  
© Wellcome Library, Londres.



El obispo Samuel Wilberforce (1805–1873).  
© Julia Margaret Cameron, Wellcome Library, Londres.



Litografía de Karl Marx (1818–1883).  
© Wellcome Library, Londres.

## Críticos y Partidarios

Algunas personas desconocieron la teoría de Darwin. Cuando él y su colega, el teórico evolucionista Alfred Russel Wallace lograron que sus primeros escritos fueran publicados en la Sociedad Linneo en 1858, la reacción fue mustia. El presidente de la Sociedad dijo tiempo después que ese año en particular no había mostrado descubrimientos importantes.

Cuando el libro de Darwin fue publicado al año siguiente, las respuestas fueron variadas. Muchos de los partidarios más fuertes de Darwin, como Thomas Huxley, aún tenían dificultades con muchos de los detalles de la teoría. Muchos aceptaron la idea de la evolución, mas no el mecanismo propuesto por Darwin. Algunos pensaron que la selección natural explicaba algunos casos de adaptación, pero no todos. Hubo mucha especulación sobre la duración de la selección natural, y la cantidad de tiempo necesario para que las especies cambien.

Algunos voceros de la religión tenían pocas dificultades con el enfoque de Darwin con relación a la variedad de la vida, ya que aún daba cabida a un creador. Un universo regido por las leyes era, en su opinión, un reino organizado bajo la dirección de Dios. Otros creyentes, sin embargo, sintieron que las ideas de Darwin presentaban un reto a los conceptos de moral y a aspectos concernientes a su interpretación de los textos religiosos.

Algunos indicaron que la teoría reforzaba el apoyo a las ambiciones imperiales de los europeos, y a la idea de que diferentes razas, y por ende diversas naciones, estarían en competencia.

Algunos vieron la teoría como la base para lo que el filósofo británico Herbert Spencer llamó el darwinismo social, según el cual la estructura de clases era el resultado de –según su frase célebre– la ‘supervivencia del más apto’. De acuerdo con esta visión, la competencia económica reflejaba la lucha por la supervivencia en el mundo natural.

Sin embargo, la idea de la evolución fue adoptada por algunos políticos radicales, quienes hallaron en la imagen de cambio que ofrecía, un fundamento para sus esperanzas de una revolución del orden social.

Todas estas interpretaciones de las ideas de Darwin y Wallace fueron discutidas y criticadas en las numerosas publicaciones periódicas de la época. Fueron a menudo caricaturizados y satirizados en dibujos, ensayos, y canciones. El libro de Darwin en general fue el que la gente leyó de manera selectiva –enfocándose en aquellas ideas– y conclusiones que les parecían aceptables y rechazando aquellas que no les simpatizaban.

# 5

## PRUEBAS DE LA EVOLUCIÓN EN ESE ENTONCES

*El origen de las especies* convenció a muchos lectores de que la evolución era algo real, gracias a los argumentos tan completos -a favor y en contra- expuestos por Darwin, así como a la gran variedad de pruebas de todo tipo que aportó.

Darwin explicó la enorme diversidad de los seres vivos. Describió la impresionante variedad que originan, dentro de una misma especie, las personas que controlan la cría de perros, caballos, palomas o ganado. Asimismo relató la lenta aparición —y desaparición— de las especies en el registro fósil en las piedras.

Las pruebas clave procedían de comparaciones minuciosas. La comparación entre fósiles de distintos períodos mostraba cambios graduales en el tiempo. La comparación de las estructuras corporales y óseas de diferentes especies vivas mostraba cómo estaban relacionadas entre sí por un antepasado común. La comparación de embriones en crecimiento de especies aparentemente distintas mostraba que en sus primeras fases de desarrollo eran mucho más parecidos.

Había además otro tipo de evidencias, muy apreciadas por Darwin, pues le traían

a la memoria lo que había observado con sus propios ojos en sus viajes de juventud. La distribución de especies de muchos tipos, en muchos lugares, encajaba con su nueva visión de la larga historia de la Tierra y del poder que tienen las variaciones para introducir cambios paulatinos en los seres vivos.

Destacaban particularmente la fauna y flora insulares, como las del archipiélago de las Galápagos, ya que en tierra firme, en ambientes similares, había especies que podrían haber florecido en las islas y que a menudo estaban ausentes. Esto sugería que las especies no se habían originado en las islas, sino que de alguna manera habían conseguido colonizarlas en el pasado desde tierra firme.



La orquídea de Navidad (*Angraecum sesquipedale*) tiene un tubo nectarífero de 25–30 cm. Darwin teorizó que tenía que existir algún tipo de polilla esfinge polinizadora, con una trompa lo suficientemente larga como para alcanzar el néctar. Esta polilla nocturna fue identificada más de cuarenta años después de la muerte de Darwin.

© Peter Whitehead y Colin Keates, Museo de Historia Natural, Londres.



Ilustración de la mandíbula de un milodón o perezoso gigante (*Mylodon darwini*). Durante su estadía en Brasil, Darwin descubrió un fósil de milodón, extinguido hace unos 10.000 años.  
© Museo de Historia Natural, Londres.



Un raro fósil de "dinosaurio-ave" (*Archaeopteryx lithographica*), el tipo de ave más antigua y primitiva que se conozca. En 1868, Thomas Huxley, "el bulldog de Darwin", fue el primero en sugerir que las aves evolucionaron a partir de los dinosaurios.  
© Museo de Historia Natural, Londres.



Imagen de una polilla esfinge de Darwin (*Xanthopan morgani praedicta*) alimentándose en una orquídea de Navidad (*Angraecum sesquipedale*).  
© Illustration by Emily Damstra. Cortesía del Instituto Smithsonian.



Pastillero con fósiles recolectados por Darwin durante sus viajes en el HMS Beagle.  
© Museo Sedgwick de Ciencias de la Tierra, Universidad de Cambridge. Reproducido con autorización.

## Una nueva manera de observar

‘Diversas clases de hechos. . . parecen proclamarme de manera obvia, que las innumerables especies, géneros, y familias de los seres orgánicos que pueblan este mundo, han descendido todos, cada uno dentro de su propia clase o grupo, de antecesores comunes, y han sido todos modificados en el curso de su descendencia.’  
*El origen de las especies*, Capítulo 13.

Darwin describió a *El origen de las especies* como una ‘larga argumentación’. Sus argumentos apoyaban la idea de la descendencia modificada. Su profundo estudio de la manera en la que los criadores pueden modificar especies como las palomas, le ayudó a desarrollar su teoría. El presentó otra evidencia sacada de sus observaciones y las de otros para apoyar sus ideas.

Su experiencia en el viaje del *Beagle* le animó a tener en consideración la distribución de las especies –lo que hoy llamamos biogeografía. Este tema también fue de interés para Alfred Russel Wallace durante sus propios viajes como naturalista.

Tanto Darwin como Wallace estaban fascinados por las islas. Algunas veces las islas se hallaban tan lejos de tierra firme que ciertos grupos de especies simplemente no existían. Por ejemplo, las islas oceánicas no tienen ranas, sapos o tritones.

‘Observa con detenimiento los detalles,’ urgía Darwin, ‘y mira que la flora y la fauna de cada isla en particular están relacionadas con aquellas de la tierra continental más cercana, pero son ligeramente diferentes.’ Incluso identificaron una relación entre la profundidad del mar entre las islas habitadas por mamíferos, y el nivel de semejanza entre especies de las diferentes islas.

Todo esto sugería que las variaciones en especies dependían del tiempo en que hubieran estado separados. Mientras más tiempo se hubiera dado esta característica, mayor oportunidad de que hubieran cambiado de maneras que las diferenciaran de un ancestro común.

Adicionalmente, surgió abundante evidencia geológica y documentación originada en el estudio de fósiles, y en la historia natural. Todas fueron tejidas en un nuevo concepto: cómo reconocer en el mundo viviente las trazas de su larga historia.

# 6

## PRUEBAS DE LA EVOLUCIÓN HOY

‘Cuando consideramos cada producto de la naturaleza como algo que ha tenido historia, cuando contemplamos cada compleja estructura y cada instinto como la suma de muchas maquinaciones, cada una útil a su dueño, casi de la misma manera que cuando observamos un gran mecanismo inventado como la suma del trabajo, la experiencia, la razón y los errores de numerosos operarios; cuando así visualizamos cada ser orgánico, ¡cuánto más interesante, por experiencia lo digo, será el estudio de la historia natural!’

*El origen de las especies*, capítulo 14.

Actualmente, los genetistas utilizan también el pez cebra (*Danio rerio*) como organismo modelo para probar sus teorías sobre la herencia y el funcionamiento de los genes.

© Wellcome Library, Londres.



Darwin reunió una gran cantidad de información para respaldar sus ideas. Ciento cincuenta años después, todas las clases de pruebas que utilizó —desde los fósiles hasta la distribución de las especies— se encuentran mucho más desarrolladas. Por ejemplo, la proliferación de formas vivas en la llamada explosión cámbrica hace unos 530 millones de años ha sido estudiada en mucho detalle.

Sin embargo, los descubrimientos biológicos recientes han aportado evidencias mucho más impresionantes de la evolución de las que Darwin nada supo. Gran parte procede del estudio del ácido desoxirribonucleico o ADN, fundamento químico de la herencia y, por ende, materia prima de la evolución.

El análisis minucioso del ADN revela nuevas evidencias de cómo se relacionan las distintas especies. Los genes que regulan las funciones básicas de las células se han mantenido a lo largo del tiempo, ya que la mayoría de las variaciones son perjudiciales y, por tanto, se eliminan por selección natural. La secuencia del mismo gen en distintas especies revela un patrón claro de transmisión con modificaciones. Cuanto más tiempo ha pasado desde que dos especies tuvieron un antecesor común, más numerosas serán las pequeñas diferencias en sus genes. De ahí que la

versión humana de un gen se parezca más a la del chimpancé que a la de un ratón o un pez, y que la del ratón sea más parecida a la de la rata.

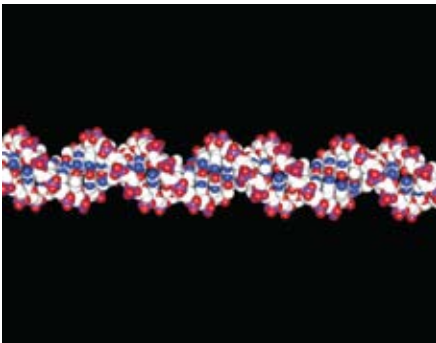
Estas huellas de cambios pasados pueden ahora mapearse en detalle; la evolución, además, puede observarse aún hoy.

La propagación de las bacterias resistentes a los antibióticos es un buen ejemplo de la evolución en acción. Cuando son atacadas por los medicamentos, las bacterias que sobrevivan seguirán reproduciéndose cuando las demás mueran. Dada su capacidad para reproducirse rápidamente y para intercambiar genes, la resistencia puede propagarse con mucha facilidad antes de que los científicos tengan tiempo de desarrollar nuevos antibióticos.



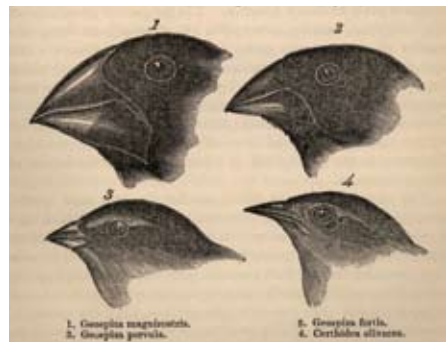
Mosca de la fruta (*Drosophila melanogaster*), empleada por los genetistas desde principios del siglo XX como organismo modelo experimental.

© Wellcome Library, Londres.



Modelo molecular de una cadena corta de ADN de doble hélice, generada a partir de datos obtenidos mediante difracción de rayos X.

© Wellcome Library, Londres.



Cuatro especies de pinzón de las Galápagos, con picos diferentes. Del *Diario de Investigaciones* de Darwin (1839).

Reproducido con autorización de John van Wyhe, ed., The Complete Work of Charles Darwin Online. (<http://darwin-online.org.uk>).

## El pinzón de las Galápagos

No se tiene que estudiar las bacterias o el ADN para hallar evidencia en tiempo real de la evolución. Observaciones recientes de las distintas especies de pinzones que Darwin estudió en el archipiélago de las Galápagos –sin caer en cuenta de cuán importantes resultaron ser– han mostrado cómo un proceso fuerte de selección puede dar como resultado cambios notables en sólo cuestión de años.

Los primeros pinzones llegaron a las islas hace dos o tres millones de años; estos colonizadores iniciales han evolucionado en 14 especies distintas. Las distintas especies tienen variadas preferencias ambientales, buscan distintos tipos de comida y a menudo tienen picos de formas disímiles.

Estos rasgos pueden cambiar en tiempos mucho menores a tres millones de años. Los pinzones de las Galápagos han sido estudiados de manera intensiva durante tres décadas por los biólogos Peter y Rosemary Grant, de la Universidad de Princeton.

Cuando los Grant hicieron por primera vez trabajo de campo en la década de los años 70, sólo existían dos especies de pinzón en Daphne Major, una de las islas: el pinzón de tierra media (*Geospiza Fortis*) y el pinzón de cactus (*Geospiza scandens*). En 1977, una terrible sequía acabó con muchas plantas, dejando sólo una limitada cantidad de las semillas pequeñas que servían a las aves como alimento. En la subsiguiente competencia por comida, muchos de los pinzones de tierra media murieron, al no ser sus picos lo suficientemente fuertes para abrir las semillas –más grandes– que restaban.

Como resultado, la siguiente generación de pinzones en Daphne Major tuvo picos más grandes y fuertes, heredados de los sobrevivientes de la sequía.

Unos años después, el efecto selectivo se invirtió cuando las fuertes lluvias facilitaron el crecimiento de una gran cantidad de plantas de semillas pequeñas, y dieron la ventaja a las aves de picos más pequeños.

Fondo: Ojo de una mosca de la fruta (*Drosophila melanogaster*) adulta.

© David Strutt, Wellcome Library, Londres.

# ¿PLANTEA LA EVOLUCIÓN UN DESAFÍO PARA LA RELIGIÓN?

*El triunfo épico de la historia evolutiva de la vida ha sido fuente de inspiración para muchos. Como lo expresó el paleontólogo británico Simon Conway Morris, “la evolución descubre el canto de la creación”.*

Conway Morris, científico y cristiano, cree que ambas perspectivas se enriquecen mutuamente. Su compromiso con las teorías de Darwin subraya su convicción de que no existe oposición entre ciencia y religión.

La idea de que la teoría de Darwin contradecía la religión surgió por ser, en parte, una respuesta científica a determinadas preguntas (como el modo en que aparecen las especies) que tradicionalmente se habían respondido con explicaciones de tipo religioso.

La ciencia y la religión son dos conjuntos dinámicos de ideas. Cada una venera algunos textos básicos, que como todos los libros pueden leerse de

distintas formas. Las creencias que emanan de ellas pueden parecer contradictorias a veces pero, hasta cierto punto, ello depende de cómo se interpreten.

Algunos lectores de la época victoriana, por ejemplo, se sintieron ofendidos porque la teoría de Darwin negaba el papel de un creador en la génesis de las distintas especies. Por eso, a quienes continuaban creyendo que los organismos vivos se originaron a partir de actos específicos de la creación divina, todavía les cuesta aceptar las versiones modernas de la teoría de la evolución.

Sin embargo, esta es sólo una interpretación del papel del creador en el

cosmos. La teoría de Darwin no dice nada sobre la aparición primera de la vida, o sobre los orígenes del universo. Es perfectamente posible sostener una explicación científica de cómo las leyes de la naturaleza permitieron el desarrollo del universo y de la vida, y creer que una deidad creó tales leyes.

El más ferviente defensor de Darwin, el científico Thomas Henry Huxley, acuñó el término “agnóstico” para describir su opinión de que, cuando se alcanzan los límites de la razón, una mente abierta es el mejor enfoque para contestar las preguntas aún sin respuesta.

Contemplar lo que revela la ciencia moderna acerca de la diversidad y de la

complejidad de la vida obliga incluso a quien no tenga creencias religiosas formales a sentir el poder de una de las fuentes universales del sentimiento espiritual: una sensación de asombro.



## Una epopeya sagrada

Darwin no vio contradicciones entre su idea de que toda forma de vida evolucionó de especies más primitivas, y la creencia en una deidad creadora. Poco tiempo después de la publicación en 1859 de *El origen de las especies*, el novelista y pastor anglicano Charles Kingsley escribió a Darwin sobre el libro. 'He aprendido gradualmente,' anotó, 'a ver como una concepción tan noble de deidad el creer que creó formas primitivas capaces de auto-desarrollo... como el creer que requirió un acto de intervención. Tiendo a creer en el primero como un pensamiento más elevado'. Darwin apreció el sentimiento expresado en este comentario, y con la autorización de Kingsley, lo incluyó en ediciones posteriores de *El origen de las especies*.

Desde entonces, practicantes de todas las religiones han seguido inspirándose en la riqueza del mundo natural, el cual permanece para ellos tan maravilloso después de Darwin como lo era antes.

Como escribió Simon Conway Morris: 'Aquellos animales que son el resultado de muchos miles de millones de años de previa evolución estelar y biológica, pueden muy bien ser la única manera

de permitir que por lo menos una de las especies inicie su encuentro con Dios.'

Otros, como el evangelizador estadounidense Michael Dowd, predicán que la evolución es una epopeya sagrada, que revela una compleja historia que se desarrolla en catorce mil millones de años.

La noción de Darwin sobre la modificación y la descendencia se apoya en el detalle de la similitud entre muchos genes compartidos por montones de especies, lo cual ha sido confirmado a través del proyecto del genoma humano. Este énfasis en la unidad de la creación es fuente adicional de inspiración para muchos.

# 8

## ¿CÓMO SE ORIGINAN LAS NUEVAS ESPECIES?



Lámina con cuatro formas de *Heliconius numata*, dos de *Heliconius melpomene* y las dos formas miméticas correspondientes de *Heliconius erato*, que señalan la diversidad de patrones y el mimetismo que existe en las mariposas del género *Heliconius*.

© Imagen publicada en una revista de la Biblioteca Pública de Ciencias.

Darwin ofreció una teoría para explicar cómo puede transformarse una especie en otra. Ese es el significado de la evolución. La aceptación de su teoría implicaba desterrar la vieja concepción de las especies como tipos distintos, que permanecen inmutables para siempre, y a pesar de que convenció a biólogos de todo el mundo, dio lugar asimismo a preguntas que todavía hoy siguen debatiéndose.

Una de estas preguntas, vital para los biólogos, era la manera concreta en que los cambios en una población conducen a que se transforme en distintas especies.

Una posibilidad es la de la separación. Cuando, por ejemplo, parte de una población queda aislada del resto (por una cadena montañosa, un río, un brazo del mar), y si la barrera se mantiene durante un tiempo considerable, ambas poblaciones cambiarán lo suficiente como para ser incapaces de cruzarse. Esto suele tomarse como una condición irrefutable para que dos grupos de criaturas similares sean clasificados como especies separadas. Sin embargo, no es la única ni es siempre aplicable.

Otra posibilidad, a la que se ha prestado más atención en las últimas dos o tres décadas, es la de que las subpoblaciones, que no están separadas físicamente, puedan distanciarse biológicamente de otros modos. Los cambios genéticos crean ligeras diferencias en el comportamiento —como los hábitos alimenticios o las

preferencias a la hora de aparearse— que pueden aumentar progresivamente y que, con el tiempo, conducen a formas de vida distintas sin que exista una separación física.

El catedrático Jim Mallet, del University College de Londres, ha estado analizando cómo puede darse esto en una serie de especies estrechamente relacionadas de mariposas tropicales del género *Heliconius*. Los colores y patrones de sus alas cambian con facilidad, pero esto en sí no conduce a nuevas especies. Algunas de ellas desprenden sustancias químicas de sabor repugnante para los pájaros que se alimentan de mariposas. También descubrió que las mariposas macho tienen una fuerte preferencia por las hembras cuyas alas hacen juego con las de ellos. Como consecuencia de la interacción de estas características, surgen nuevas especies, que dejan de cruzarse.



Ilustración de un sinsonte de San Cristóbal (*Mimus melanotis*). Las variaciones de los sinsontes en las islas Galápagos hicieron que Darwin empezara a prestarle atención a la distribución de las especies en islas.

Reproducido con autorización de John van Wyhe, ed., The Complete Work of Charles Darwin Online (<http://darwin-online.org.uk>).

Archipiélago de las Galápagos.

© Alexander Deursen.



## Dos caras de la moneda

‘Es preciso recordar que los naturalistas no tienen la norma única que les permita distinguir especies y variedades; ellos asignan poca variabilidad a cada especie, pero cuando hallan una diferencia significativa entre dos formas, las clasifican como especies.’

*El origen de las especies*, capítulo 9.

Las últimas teorías sobre cómo surgen las especies son consistentes con la de Darwin, aduce el profesor Jim Mallet. En la segunda mitad del siglo 20, la gran mayoría de los biólogos creían que las diferentes especies estaban claramente separadas y diferenciadas de sus parientes evolutivos. Esto dificultaba el definir cómo llegaron a existir, a menos que hubiera existido una separación física a largo plazo, impuesta por océanos o cadenas montañosas. Esto ha sido definido por los científicos como especiación alopátrida o geográfica.

Mallet cree que las diferencias entre las especies son continuas, incluyendo incluso variaciones entre cada especie. Así fue como Darwin describió la situación en *El Origen de las Especies*. Darwin tuvo influencia de sus estudios de variedades de especies sometidas a cruces artificiales, como las palomas. Un ejemplo más común sería el de los perros, los cuales han sido modificados por los criadores en muchas variedades. Técnicamente, pertenecen a la misma especie –aunque un Chihuahua podría tener dificultades de cruzarse con un Gran Danés.

Este tipo de variación puede ser el inicio de un proceso a largo plazo. Una especie bajo selección natural, contrario

a la influencia humana, puede desarrollar una variedad de tipos, tal vez mostrando diferentes adaptaciones ecológicas. Algunos de los tipos adquirirán diferencias, las cuales serán tan estables que permitirían una clasificación como especies separadas, incluso si eventualmente dan crías híbridas de manera ocasional. Eventualmente, se convertirán en criaturas que están relacionadas, que tienen un ancestro común pero que ya no pueden cruzarse entre sí, lo cual estaría alineado con la estricta definición de especies comúnmente empleada.

Todo ello puede suceder mientras las distintas variedades viven una al lado de la otra, en la misma región geográfica. El término técnico para esto es especiación simpátrida. Este proceso explicaría cómo las especies alrededor nuestro siguen cambiando. Como explica Mallet, ‘la especiación es sencilla.’ Este trabajo es igualmente importante en términos de la indagación sobre los orígenes de la biodiversidad, y en la planeación de esfuerzos conservacionistas. La especiación y la extinción son las dos caras de la moneda.

# 9

## SERES HUMANOS EN EVOLUCIÓN

La teoría de Darwin de un ancestro común tenía una implicación sorprendente: “Los seres humanos no estamos separados del resto de la naturaleza. Y sin embargo, somos claramente diferentes de otras criaturas. La teoría de la evolución es un producto de la cultura humana, que en sí misma, constituye una muestra de esa diferencia”.

La explicación de la aparición de la conciencia y la cultura humanas sigue suponiendo un desafío para los investigadores de diversos campos. En la actualidad, podemos comparar la secuencia genética completa de los seres humanos con la de nuestros parientes más cercanos, los chimpancés. Esta comparación puede aportar pistas respecto a qué cambios en el ADN fueron cruciales para dar lugar a los rasgos humanos más destacados. El mayor tamaño de nuestro cerebro, el hecho de caminar erguidos y el uso del lenguaje debieron comenzar con mutaciones genéticas que todavía no se han logrado desentrañar.

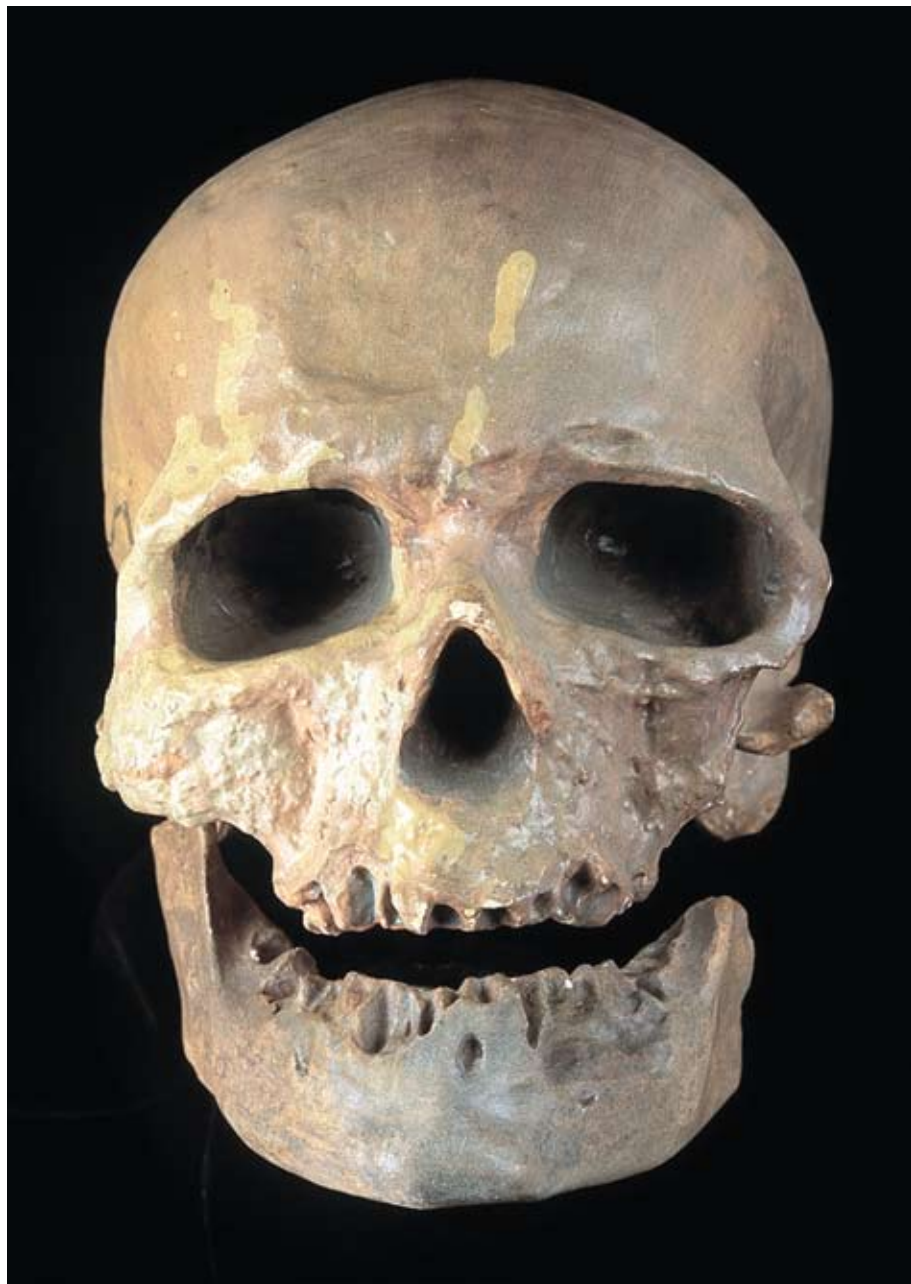
Estos estudios genéticos se combinan con el análisis de otras huellas del pasado con el fin de describir otros progresos más recientes en la cultura humana, tales como la fabricación de utensilios.

Un análisis detallado de las herramientas en piedra encontradas en numerosos yacimientos antiguos puede

ayudar a explicar un nuevo tipo de cambio gradual: la evolución cultural.

Robert Foley, director del Centro Leverhulme de Estudios sobre la Evolución Humana de la Universidad de Cambridge, subraya que los cambios observados en las herramientas pueden interpretarse de dos maneras. Primero, como testigos del grado de desarrollo y de las migraciones de grupos que utilizaban diversas técnicas para tallar el sílex. Segundo, las diferencias podrían tener una mayor relación con la respuesta de grupos con habilidades similares ante entornos distintos, o al tipo de material que podían obtener. “Tanto la historia como la ecología son importantes, como sucede con la mayoría de las cuestiones evolutivas”, afirma.

Luego viene la parte más especulativa de esta historia: determinar qué sugiere el uso de estas técnicas acerca de los diversos procesos de pensamiento y los sistemas de planificación, cooperación y comunicación de quienes las utilizaron.



Fondo: Vista frontal de una reproducción del cráneo del *Homo sapiens* "Le Vieillard", un varón adulto de unos 45 años.

© Museo de Historia Natural, Londres.



Hacha de sílex del Paleolítico Superior, Inglaterra.  
© Museo de Historia Natural, Londres.

De izquierda a derecha: *Australopithecus africanus*, *Homo rudolfensis*, *Homo erectus*, *Homo heidelbergensis*, *Homo neanderthalensis* y *Homo sapiens*. Estos especímenes (reproducciones), en orden cronológico, ilustran la evolución humana.  
© Museo de Historia Natural, Londres.



## El pasado en el presente

El surgimiento del humano moderno es una larga historia que inicia en nuestro pasado proto-humano. Ella puede ser narrada con base en los rastros que sobrevivieron hasta el presente. El ADN humano y del chimpancé, por ejemplo, muestran dos posibles resultados del último ancestro común de las dos especies, el cual vivió entre cuatro y seis millones de años atrás. Pero esto no revela cuándo se dieron los cambios genéticos entre las dos especies que sobreviven hoy en día, y en qué orden. Tal y como sucede con el estudio anatómico comparado de los huesos –que se estaba convirtiendo en un tema de estudio más preciso en los tiempos de Darwin, hay un amplio campo de discusión.

Lo mismo sucede con las muestras de ADN de Neanderthal, que permiten establecer comparaciones con un pariente mucho más cercano del *Homo sapiens* moderno, y han sido extraídas de huesos con una antigüedad de 45.000 años. Sin embargo, para irse más atrás en el tiempo, los científicos requieren datos de material que dure mucho más que el ADN.

Los huesos fósiles siguen siendo un elemento muy importante. Han sido usados para reconstruir un linaje humano en el que los ancestros del humano moderno divergen de sus parientes extintos –los australopithecines- hace dos millones de años.

Muchas herramientas de piedra de aproximadamente el mismo período han sobrevivido. Estas herramientas pueden ser estudiadas como registro de evolución cultural más que biológica. Con el tiempo, estas herramientas se volvieron más variadas y más completas, y requirieron un proceso de elaboración más complicado. La comparación de herramientas de distintos asentamientos, y herramientas que se puedan ubicar en distintos períodos históricos, revela qué tan temprano se desarrolló la capacidad cultural de los humanos primitivos.

El reto entonces es juntar la evidencia fósil y la que provee el ADN, para poder así hacer un recuento más completo de cómo las distintas ramas de la evolución trabajaron juntas – así como el cerebro, las manos y las herramientas ayudaron a los grupos de primates a convertirse en sociedades humanas.

Un chimpancé utilizando un tallo como herramienta para extraer termitas.

© Clive Bromhall, [www.osfimages.com](http://www.osfimages.com).

# 10

## ¿CÓMO EVOLUCIONÓ LA MÚSICA?

Allí donde hay gente, hay música. Pero ¿cómo evolucionó este arte? Darwin formuló la pregunta pero no halló respuesta. La dificultad estribaba en determinar qué ventajas ofrecía la música a su creador o intérprete.



Cascabeles en los tobillos de una típica bailarina india.  
© Francois Boutemy.

La palabra, como la música, implica sonido, pero no queda claro qué surgió primero, si la música o el lenguaje. Los científicos pueden estudiar los cambios producidos en el tracto vocal a medida que evolucionaban los seres humanos primitivos, pero no quedan rastros de los sonidos. Los estudios sobre el cerebro moderno muestran que determinadas regiones se relacionan tanto con la comprensión del lenguaje como con la interpretación musical, pese a lo cual hay personas que no tienen oído musical, y sin embargo no cesan de hablar.

Algunos teóricos darwinistas, como el psicólogo de Harvard, Steven Pinker, sugieren que la música es un accidente, no una adaptación, y satisface nuestros oídos del mismo modo en que una porción de torta es agradable para nuestras papilas gustativas.

Otros, siguiendo al propio Darwin, creen que la selección sexual desempeña un papel importante. Geoffrey Miller, de la Universidad de Nuevo México, sostiene que el motor de la música es la elección de pareja.

En otras palabras, la interpretación musical es bastante parecida a la exhibición que realizan muchas otras especies durante el cortejo.

Steven Mithen, de la Universidad de Reading, Inglaterra, ha presentado recientemente una propuesta diferente. A partir de la arqueología, las pruebas fósiles y el estudio del cerebro, los genes y el lenguaje y la música en numerosas culturas, sugiere que tanto música como lenguaje tuvieron un precursor común, un uso casi musical del sonido, del que se valían nuestros antepasados para comunicarse. Estas complejas comunicaciones podrían haber servido para otros fines, quizá como canciones de cuna o como parte de una celebración del grupo. Mithen sugiere igualmente que los grupos que desarrollaron este uso de la música tenían más descendencia, razón por la que la música perdura hoy en día. Este camino hacia el éxito reproductivo, no obstante, es más complejo que la simple elección de la pareja.



**Arriba:** Músico de Benín con flauta y pequeño instrumento de percusión.

© Peeter Viisimaa.



**Abajo:** Banda de Infantería de Marina tocando la gaita.

© Joseph Luoman.

**Abajo:** Niñas tocando un tambor chino.

© Jorge Delgado.

**Arriba:** Mujeres tocando un instrumento tradicional japonés, el kato.

© Radu Razvan.



## Los humanos y la música

En su libro *El origen del hombre y de la selección en relación al sexo* (1871), Darwin tuvo en consideración los elementos que separan a los humanos de otras criaturas –el lenguaje, por ejemplo, y la habilidad de crear cultura. Él estaba convencido de que estas cualidades habían evolucionado de la misma manera que otras características. La música, sin embargo, lo dejaba perplejo. ‘Ya que ni el gozo que produce ni la capacidad de producir notas musicales son facultades que sean útiles al hombre... deben ser clasificadas entre los dones más misteriosos que le han sido dados,’ escribió.

Darwin argumentó que la música surgió a través de selección sexual –tal como sucedió con otras especies sobre las que escribió, tales como ranas, sapos, tortugas, cocodrilos, aves, ratones y gibones. Los humanos, sin embargo, van más allá del canto (o el murmullo, el tarareo o el silbido). También tenemos el sentido del ritmo –expresado a través de la percusión o la danza- algo no visto en otras criaturas.

La historia de Steven Mithen sobre la evolución de la música en los humanos –descrita en su libro *The Singing Neanderthals: The Origins of Music*,

*Language, Mind and Body* – une todos estos elementos. Él especula que nuestros ancestros primates desarrollaron complejas llamadas vocales que sonaban casi como cantos. Estas estarían acompañadas de gestos, los cuales se volvieron más elaborados en el momento que el caminar en postura erguida liberó el uso de las manos.

Mithen sugiere que el resultado fue un sistema de comunicación que precedió al lenguaje y la música. Usaba emociones, expresadas en diversas tonalidades, así como los padres usan sonidos sin palabras para comunicarse con sus bebés.

Todo lo anterior ayudó a cohesionar grupos, y posiblemente a favorecer la cooperación, lo que incrementó la tasa de supervivencia. De estas formas tempranas de comunicación surgió el uso universal de la música y la danza en rituales y celebraciones, lo que aparentemente reforzó los lazos grupales en las sociedades humanas modernas.

**Fondo:** Hoja de partitura.

© Peter Zelei.

# ¿CÓMO EVOLUCIONAN LOS GENOMAS?

El cambio genético es el motor de la evolución. Un solo cambio en la secuencia del ADN de un gen podría no tener consecuencias o, por el contrario, generar una molécula de proteína defectuosa; en ocasiones, podría resultar benéfico.

En el siglo XXI, la historia se vuelve más compleja. Los biólogos estudian genomas enteros, la “biblioteca” completa del ADN que existe en cada célula de un organismo.

El genoma humano, por ejemplo, tiene 3.400.000.000 “letras” de ADN, llamadas bases, y conocidas en la química como C, A, T y G. Pese a ello, los 25.000 genes que tiene aproximadamente el ser humano representan menos del dos por ciento de ese enorme total. Entonces, ¿qué hace el resto de ese ADN?

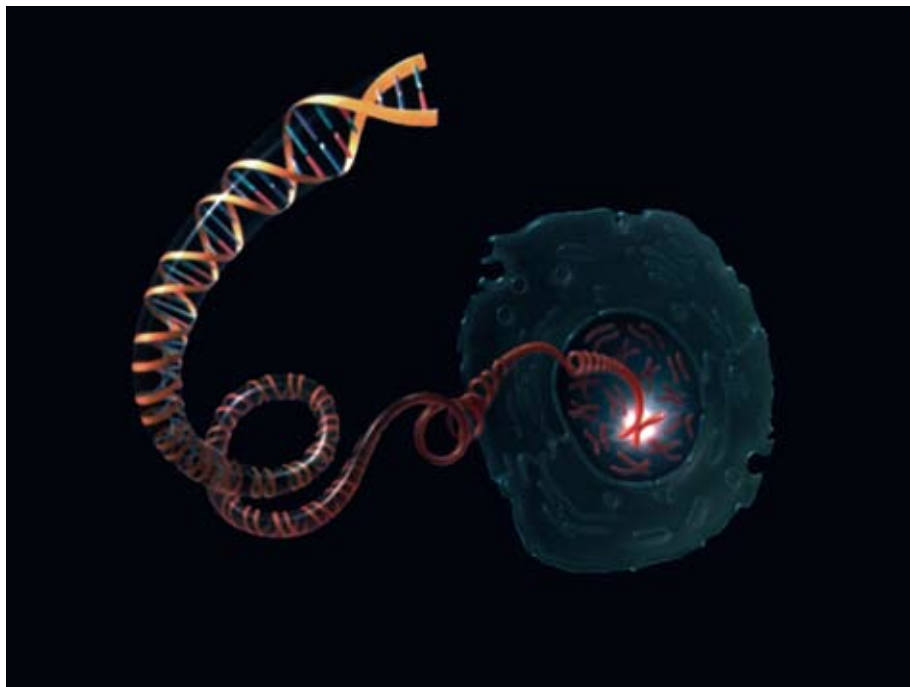
Podría ser “basura”, una especie de parásito molecular inofensivo. Si fuera así, las mutaciones que se produjeran en la gran mayoría del genoma pasarían inadvertidas, pero ahora sabemos que gran parte de estas secuencias se conservan. La selección natural ha eliminado los cambios aleatorios en el ADN, así que debe de servir para algo.

Mientras se sigue trabajando en este campo, otros estudios de los genomas han arrojado luz sobre mecanismos más importantes de la evolución. El ADN “basura” puede contener genes no funcionales —una especie de fósil genético— o copias de genes importantes. Si se cuenta con una copia adicional de ese gen, no importa que acumule lentamente mutaciones. Así, el organismo puede experimentar con formas variadas del gen que podrían, a su vez, encontrar usos completamente nuevos. De manera mucho más extraña, el copiado de los errores podría llevar a la duplicación de un genoma entero. Esto es lo que parece haber ocurrido en varias ocasiones durante la evolución de los vertebrados, entre otros,. Algunos investigadores sugieren, de forma controversial, que tales duplicaciones a gran escala son esenciales para el desarrollo de criaturas más complejas.



Mostaza (*Arabidopsis thaliana*), la primera planta cuyo genoma se secuenció.

Cortesía del National Human Genome Research Institute.

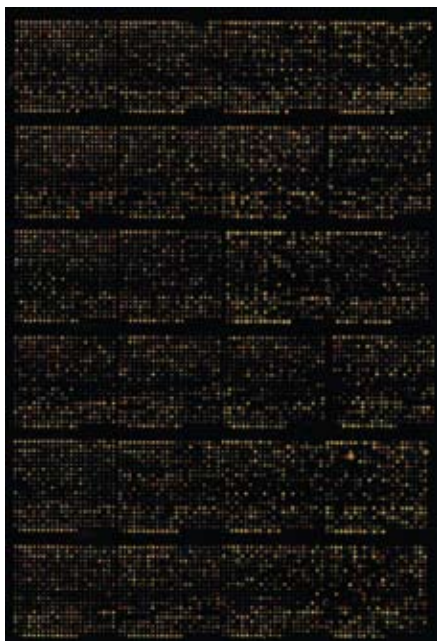


Micromatrices de ADN que muestran todos los genes activos en una célula en un momento determinado.

Cortesía del National Human Genome Research Institute.

Modelo de una fibra de ADN extendiéndose desde el cromosoma de una célula.

Cortesía del National Human Genome Research Institute.



## Elaborando un modelo del genoma

Ya que los biólogos hoy en día se están familiarizando con todos los genes existentes en un organismo –su genoma– ellos quisieran saber que tan grande tiene que ser un genoma. ¿Qué requiere cualquier organismo a fin de permanecer vivo? Los organismos más simples debían de tener el paquete más pequeño de genes. Un método para averiguarlo es tomar una bacteria y remover, o ‘eliminar’ genes, uno a uno. Si uno elimina un gen y el organismo sobrevive y se reproduce, este gen no es esencial –o así lo pensaron los investigadores.

Sin embargo, este método puede llevar a errores, los cuales surgen cuando un gen compensa la remoción de otro. Elimine a su vez al otro gen, y el primero compensa el déficit, pero esto no significa que la función ejercida por el gen no es esencial; de hecho lo que indica es que es tan importante que el organismo se ha protegido por medio de la elaboración de un mecanismo de seguridad. Esto da el falso resultado según el cual la pérdida de un gen particular no tiene un efecto aparente en el organismo, y por lo tanto se eliminan genes que debieran estar incluidos en el ‘genoma mínimo’, en el grupo más pequeño de genes que puede mantener viva a la bacteria.

El profesor Laurence Hurst, de la Universidad de Bath en el Reino Unido, se ha acercado a este asunto junto con colaboradores en Manchester, Heidelberg y Budapest. Para ello, desarrollaron una técnica que modela el genoma empleando datos de la historia evolutiva del organismo, y cómo interactúa con el medio ambiente.

El enfoque del equipo, el cual fue probado en dos tipos de bacterias que viven simbióticamente al interior de insectos, indicaba que el genoma mínimo es casi dos veces más grande que lo indicado por los estudios de eliminación de genes.

Esta investigación sugiere que el contenido del genoma se puede predecir en gran parte a través del conocimiento de su ecología. Esto puede ser de suma importancia en estudios posteriores de la evolución de otros organismos, y tal vez en el desarrollo de bacterias con propiedades particulares, tales como la eliminación de agentes contaminantes.

# 12

## ÍNTIMA EVOLUCIÓN

Darwin estaba fascinado con los ejemplos de organismos que se han adaptado unos a otros: una flor con el néctar situado a mucha profundidad y una polilla con una lengua lo suficientemente larga para alcanzarlo tenían que haber evolucionado a la par.

Este tipo de evolución conjunta resulta de gran importancia en las enfermedades causadas por un organismo que vive dentro de otro. La malaria, responsable de gran cantidad de muertes en todo el mundo y sumamente resistente, es un ejemplo muy representativo. Los investigadores confían en que los nuevos conocimientos sobre la evolución de la malaria, y los mosquitos y primates que son sus huéspedes, abrirán nuevas vías de ataque para luchar contra ella.

Un hito reciente ha sido la finalización de la secuenciación del genoma del *Plasmodium falciparum*, la especie de malaria más nociva para el hombre.

Algunas secuencias del ADN del *Plasmodium falciparum* son casi idénticas en casi todas las muestras, mientras que otras varían mucho más. Las secuencias que varían ayudan a generar proteínas que pueden disparar una reacción del sistema inmunológico de los humanos: parecería que el parásito evoluciona para esquivar las defensas de su huésped.

Pero por qué la malaria es tan nociva sigue siendo un enigma. La historia evolutiva indica que durante millones de años los seres humanos han sido infectados por diversas formas del parásito, pero existen pruebas de que se volvió más letal hace unos pocos miles de años. La investigación científica podría ayudar a explicar si este cambio ha sido causado por modificaciones en la malaria o en sus huéspedes humanos. Pero en este juego evolutivo particular hay un tercer participante, el mosquito, que alberga el parásito durante la mitad de su complejo ciclo vital. Por tanto, un pequeño cambio en el comportamiento del insecto, como por ejemplo qué animales escoge para alimentarse con su sangre y con qué frecuencia, puede desencadenar un gran efecto en la transmisión de la enfermedad.

Estos estudios serán igualmente importantes para rastrear los posibles efectos del cambio climático en las poblaciones de mosquitos y, en consecuencia, los riesgos de que la malaria se propague con mayor facilidad.



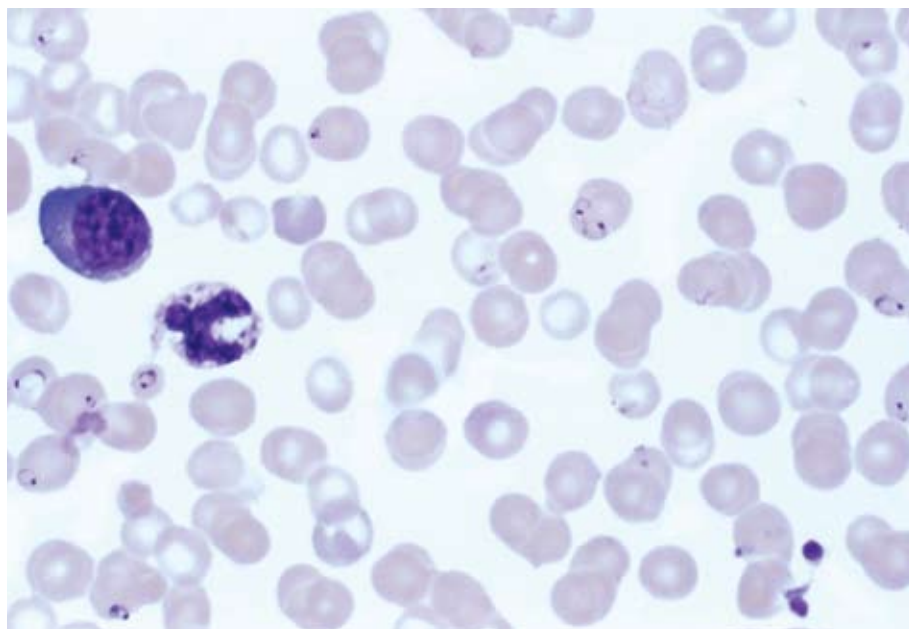
Un mosquito (*Anopheles stephensi*) en pleno vuelo, con el abdomen lleno de sangre.

© Hugh Sturrock, Wellcome Images.



Ilustración de las etapas del ciclo biológico en sangre del *Plasmodium falciparum*, el parásito causante de la malaria.

© Benedict Campbell, Wellcome Images.



Frotis de sangre que muestra la presencia de parásitos de *Plasmodium falciparum* en los glóbulos rojos.

© M. I. Walker, Wellcome Images.

Fondo: Micrografía electrónica por barrido (1990–2002 h) en la que se aprecian ooquistes del parásito que causa la malaria en los roedores, *Plasmodium yoelii nigeriensis*, desarrollándose en la pared del intestino medio del mosquito (*Anopheles stephensi*).

© Hilary Hurd, Wellcome Images.

## Malaria – la complejidad evolutiva

La malaria es uno de los grandes problemas no resueltos de salud pública. Cientos de millones de personas son infectadas con el parásito de la malaria a través de picaduras de mosquitos, y la enfermedad causa más de un millón de muertos anualmente. Millones más sufren los síntomas recurrentes, que incluyen fiebre, escalofríos y debilidad muscular.

La enfermedad proviene de un diminuto parásito, que vive dentro de las células de sus huéspedes. Su ciclo de vida es inusualmente complicado, involucrando distintos tipos de células, en distintos organismos, y en distintas etapas. Desde un punto de vista evolutivo, la triple cooperación –o conflicto- entre el mosquito, el humano y el parásito, ofrece muchas oportunidades para que la selección opere. Algunas veces esto es selección natural, como en la interacción entre el sistema inmune del humano y los genes rápidamente cambiantes del parásito. Esto hace que sea mucho más difícil desarrollar una vacuna contra la malaria. Algunas veces el proceso de selección es una respuesta a actividades humanas; por ejemplo, el organismo de la malaria puede desarrollar resistencia a nuevas medicinas, o –de una manera indirecta- los mosquitos desarrollan resistencia a los insecticidas empleados en su control.

En los humanos, hay una serie de variaciones genéticas, las cuales parecen hacer a la gente más resistente a la malaria. El desorden sanguíneo conocido como anemia falciforme surge cuando alguien tiene dos copias de un gen para la hemoglobina (transportadora de

oxígeno), las cuales tienen una secuencia ligeramente alterada. Normalmente, el cambio se eliminaría. Sin embargo, el heredar una sola copia del gen no causa la anemia, sino que lleva a cambios en las células rojas sanguíneas, que hace difícil la supervivencia del parásito de la anemia. Por ende, el gen persiste en áreas en las que la malaria también es común.

Las investigaciones recientes continúan descubriendo nuevos detalles de las relaciones evolutivas que afectan el qué tan común es la infección de la malaria, y qué tan peligrosa es para las personas infectadas. David Conway, quien lidera el programa de investigación de la malaria en los laboratorios del Consejo de Investigación Médica del Reino Unido en Gambia, está desenredando la manera como el sistema inmune humano se enfrenta al parásito, y cómo lo combate.

Otras investigaciones pueden abrir nuevas rutas en el control de la enfermedad. El Dr. Steven Sinkins, del Departamento de Zoología de la Universidad de Oxford, está estudiando la evolución de las interacciones entre los mosquitos y otro parásito de los insectos – un grupo de bacterias conocido como *Wolbachia*, que afecta de manera compleja la reproducción de los insectos. Existe la posibilidad de comprender los genes de *Wolbachia* lo suficientemente bien como para manipularlos y así esterilizar los mosquitos a voluntad.

# 13

## ¿UNA SÍNTESIS MAYOR?

La comprensión de la selección natural en términos genéticos consolidó el papel central de Darwin en el campo de la biología. La unión de la genética con la teoría de la evolución darwiniana fue bautizada como “la síntesis moderna”, con gran éxito, en un libro del nieto de Thomas Huxley, Julian, en 1942.



Un embrión de pollo en el estadio 16 de su desarrollo, en el que se aprecia (en color púrpura) dónde está activado el gen *Hoxa-2*, un factor de transcripción ligado al ADN y que condiciona la acción de otros genes.

© Abigail Tucker, Wellcome Images.

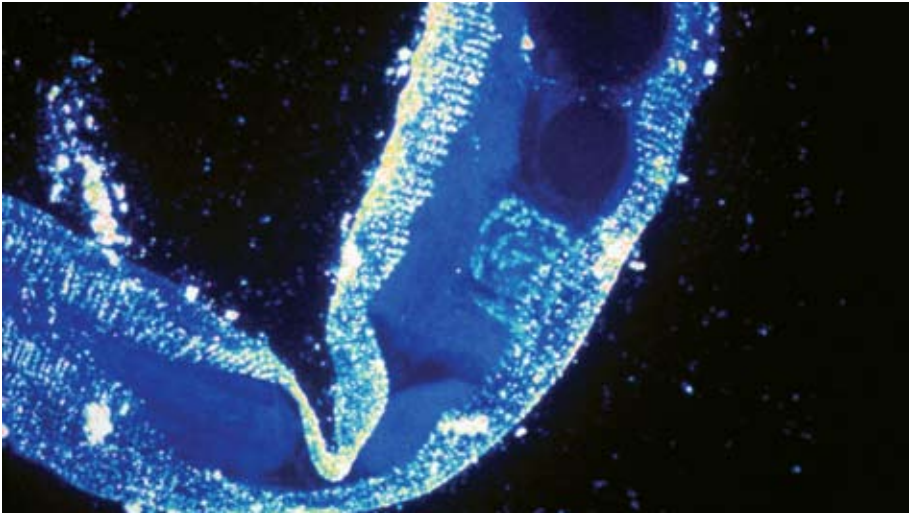
El estudio de genomas completos y colecciones de genomas ha aportado nuevos datos sobre los mecanismos de la evolución.

Las investigaciones más recientes se han centrado en el ADN de comunidades microbianas enteras, en vez de en microbios individuales. Estos estudios se enfocan en la cooperación, más que en la competencia. Por ejemplo, la serie de reacciones necesarias para formar o descomponer una determinada sustancia química puede distribuirse entre distintos microbios que vivan juntos, aunque pertenezcan a especies muy diferentes, de forma que sólo podrá completarse el proceso cuando todos los microbios trabajen juntos y cada especie produzca una reacción concreta dentro de la serie.

La investigación sobre el funcionamiento del genoma en células individuales revela también niveles de

complejidad inesperados. Muchos genes están marcados con “notas marginales” especiales, dejadas al añadir o modificar grupos químicos en puntos concretos del exterior de la molécula de ADN. Estos marcadores condicionan el que los genes puedan activarse o desactivarse, de forma que el conjunto completo de marcadores en una célula indica su estado de desarrollo.

Además de estos marcadores epigenéticos, en estudios recientes se están encontrando numerosos tipos nuevos de la molécula de ARN mensajero que se leen a partir de secciones del genoma cuya finalidad se desconocía anteriormente, y ayudan también a regular la acción de los genes. Este es otro nivel más en que opera la selección evolutiva y todavía se encuentra en fase de estudio.



Reconstrucción de imagen confocal de un nematodo (*Caenorhabditis elegans*) que suele utilizarse para los estudios genéticos. El microscopio confocal capta una serie de cortes de un espécimen que después se reconstruyen para producir una imagen tridimensional.

© Dr David Becker, Wellcome Images.



Imagen de un nematodo saliendo del huevo.

© Wellcome Trust Sanger Institute.

Fondo: Sección frontal de la cabeza de un embrión de pollo en el estadio 23, que muestra la distribución de transcripciones del gen Barx-1.

© Abigail Tucker, Wellcome Images.

## El ADN y los elementos transponibles o móviles

Un evento altamente significativo es la comprensión de cómo la evolución se da a lugar a través de cambios en el material genético del ADN. En el siglo 21, los científicos están comprendiendo más sobre cómo los genomas pueden cambiar sin alterar la información más básica que contienen -la secuencia de ADN. Estos cambios pueden incluso ser transmitidos a una nueva generación. El estudio de los cambios hereditarios en los genomas que pueden ocurrir sin un cambio en la secuencia de las 'letras' del ADN es lo que se conoce hoy en día como epigenética.

Los cambios epigenéticos se deben con frecuencia a la unión o remoción de grupos químicos relativamente simples. Pueden ser usados para marcar sitios particulares en el ADN. De manera alterna, éstos modifican las proteínas especiales que organizan el empaque de las largas y serpenteantes moléculas de ADN en las células de los organismos superiores. La alteración de estas proteínas -las histonas- pueden afectar la posibilidad de que una extensión particular de ADN pueda ser leída por los aparatos moleculares que usan la información que conserva.

Una manera particularmente poderosa en la que los cambios epigenéticos ejercen influencia en la actividad de los genes es cuando interactúan con otro rasgo recientemente descubierto de los genomas. Los genomas más completos son huéspedes de pedacitos de ADN que pueden saltar entre partes del genoma, e incluso entre células. Muchos son restos de virus que han infectado al ancestro del organismo durante su

pasado evolutivo. Ellos todavía tienen un papel que jugar en la vida y la evolución actuales. Pequeñas secuencias repetidas -llamados transposones, elementos móviles o transponibles- se mueven de sitio en sitio en el genoma de las plantas, encendiendo o apagando genes completos.

El giro de la historia es que los elementos móviles son en sí mismos controlados por la adición de un grupo químico simple -un metil, el cual inhibe su transferencia de lugar a lugar. Sin embargo, cuando las plantas son expuestas a condiciones ambientales difíciles, estos grupos metil pueden ser retirados, de tal manera que los elementos móviles se activen nuevamente.

Peter Meyer, del Centro de Ciencias de las Plantas en la Universidad de Leeds, en Inglaterra, sugiere que este complejo sistema brinda beneficios a la planta, al permitirle adaptarse de manera más rápida a los cambios en el medio ambiente.

La comprensión de estos mecanismos es también importante cuando se trata de modificar las plantas al introducir nuevos genes. Estos genes recientemente insertados pueden trabajar de la manera que los científicos esperan en plantas jóvenes, pero también pueden inactivarse al envejecer la planta -particularmente si ha sido expuesta a condiciones difíciles. Los controles epigenéticos de las plantas modifican los marcadores en los nuevos genes, sin afectar su secuencia de ADN, y hacer que dejen de funcionar.

# 14

## ¿POR QUÉ TANTAS?

La explicación de Darwin acerca del origen de nuevas especies no deja en claro por qué tantas son tan parecidas.

De hecho, la selección natural podría hacernos prever una competencia con un único ganador. Cada pequeño espacio dentro de un ecosistema terminaría albergando una sola especie increíblemente bien adaptada.

Sin embargo, muchos ecosistemas no son así. En una hectárea típica de selva tropical hay 300 tipos de árboles distintos. Incluso en un hábitat como un pastizal calcáreo puede haber más de cincuenta especies por metro cuadrado. No parecen haberse adaptado a condiciones diversas, pero de acuerdo con Darwin también las plantas compiten por sobrevivir. Así pues, ¿cómo coexisten estas especies similares?

La respuesta está en que las diferencias medioambientales pueden ser sutiles. Las pequeñas variaciones en la luz solar, el agua, el suelo o la profundidad que alcancen las raíces pueden hacer que plantas similares experimenten distintas condiciones. Además, cuanto mejor se adaptan las plantas a un ambiente muy concreto, es menos probable que compitan de forma eficaz con plantas adaptadas a otro ligeramente distinto.

El trabajo del catedrático Jonathan Silvertown, de la Open University del Reino Unido, presta nuevamente atención a las variaciones en los microambientes. Primero mostró cómo las variaciones en el uso del agua podían ayudar a separar las especies en las praderas inglesas. Con ello estableció la importancia de los “nichos hidrológicos”, que difieren debido al esfuerzo que debe realizar una planta para extraer la humedad del suelo o para evitar quedar ahogada.

Actualmente Silvertown está investigando algunas de las miles de especies que existen en la región del Cabo en Sudáfrica para conocer cómo se aplican sus hallazgos en otros países.



Pastizal calcáreo en Cuckmere Haven, Sussex Oriental, Inglaterra.

Imagen reproducida con autorización de Dr. Fern Elsdon-Baker.



Cape Point, Sudáfrica, donde Jonathan Silvertown está llevando a cabo sus investigaciones.

© Alain Proust/Afrika Photos.



*Mimetes fimbriifolius*, Provincia occidental del Cabo, Sudáfrica.

Imagen reproducida con autorización del profesor Jonathan Silvertown.



*Berzelia Lanuginosa*, Provincia occidental del Cabo, Sudáfrica.

Imagen reproducida con autorización del profesor Jonathan Silvertown.



La investigación de Jonathan Silvertown está financiada por la Iniciativa Darwin. Para más información sobre su investigación, véase su libro *Demons in Eden: The paradox of plant diversity*, Chicago University Press (2008), así como [www.demonsineden.com](http://www.demonsineden.com)

## Biodiversidad

Muchas incógnitas evolutivas están aún sin resolver; África del Sur representa un gran reto a la teoría de la biodiversidad. Este reto se presenta con los brezos y otras plantas, las cuales han evolucionado en una riqueza de variedades nunca vista en otra parte. Los brezos del género *Erica*, por ejemplo, sólo se hallan en unos pocos tipos de brezales en Europa. En la región del Cabo en Suráfrica, la tierra de brezales Fynbos es hogar de más de 800 tipos de ellas. ¿Cómo pueden existir 800 diferentes ambientes a los cuales se puedan haber adaptado?

Esta pregunta no se le ocurrió a Darwin en 1836, cuando el *HMS Beagle* se detuvo en Ciudad del Cabo. Sus extraordinarios poderes de observación le fallaron, ya que halló las colinas desprovistas de árboles algo aburridas, y reportó que realmente 'había poco que valiera la pena ver'.

Otras plantas en la región también han generado muchas especies separadas; las plantas conocidas como *rest'ios*, por ejemplo, tienen 350 variedades. Ellas difieren en tamaño pero éste no puede ser el factor único que determine su supervivencia.

En el Reino Unido, Jonathan Silvertown y sus colaboradores han mostrado que pastizales aparentemente inmutables pueden tener pequeñas diferencias ambientales, lo que favorece a diferentes tipos de plantas con variadas preferencias por el nivel de humedad disponible en la tierra.

Se están desarrollando investigaciones para probar si algo similar está sucediendo en el Cabo, lo cual sugiere que la aplicación se podría ampliar. De ser así, encajaría con una teoría complementaria, que indica que tantas plantas aparecieron en la región ya que ha sido, de manera extraña, climáticamente estable durante su pasado evolutivo reciente –durante los últimos cientos de miles de años. Ello permitiría a las especies volverse más especializadas en su hábitat, sin arriesgar su supervivencia cuando haya cambios relativamente pequeños en temperatura o lluvias.

Fondo: Tablero de damas (*Fritillaria meleagris*), que crece en herbazales y prados riparios de Europa.  
© Abigail Tucker, Wellcome Images.



Para mayor información sobre Darwin Now visit [www.britishcouncil.org/darwin](http://www.britishcouncil.org/darwin)

© British Council 2008

El British Council es la organización internacional del Reino Unido para el intercambio cultural y las oportunidades educativas. Registrada en el Reino Unido como una entidad sin ánimo de lucro.

A registered charity: 209131 (England and Wales) SC037733 (Scotland).

British Council  
Bridgewater House  
58 Whitworth Street  
Manchester M1 6BB  
United Kingdom

British Council Colombia  
Carrera 9 No. 76 – 49,  
Piso 5  
Bogotá, Colombia  
+57 (1) 325 9090

[www.britishcouncil.org](http://www.britishcouncil.org)

[www.britishcouncil.org/colombia](http://www.britishcouncil.org/colombia)

Words by Jon Turney.  
[www.jonturney.co.uk](http://www.jonturney.co.uk)

Design by Arka Design Studio Ltd  
[www.arkadesignstudio.com](http://www.arkadesignstudio.com)

Papel ecológico fabricado a partir de la fibra de caña de azúcar, materia prima natural, renovable, reciclable y 100% biodegradable.

